

Aus der Prothetischen Abteilung der Klinik
und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
(Direktor: Professor Dr. F. Jung)

Vergleichende Untersuchungen über das Dimensionsverhalten elastischer Abformmassen.

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes-Gutenberg-Universität
Mainz**

vorgelegt von
Zahnärztin Roswitha Franz
aus Stuttgart

Mainz 1966

Aus der Prothetischen Abteilung der Klinik
und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
(Direktor: Professor Dr. F. Jung)

Vergleichende Untersuchungen über das Dimensionsverhalten elastischer Abformmassen.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes-Gutenberg-Universität
Mainz

vorgelegt von
Zahnärztin Roswitha Franz
aus Stuttgart

Mainz 1966

Dekan:

Prof. Dr. L. Diethelm

Referent:

Priv. Doz. Dr. L. Hupfauf

Korreferent:

Prof. Dr. F. Jung

Meinen lieben Eltern in Dankbarkeit



Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung	Seite	1
II. Abformmaterialien	Seite	5
III. Eigene Untersuchungen	Seite	13
IV. Statistische Auswertung	Seite	25
a) Mittelwertvergleich	Seite	27
b) Streuungsvergleich	Seite	37
V. Diskussion der Ergebnisse	Seite	43
VI. Zusammenfassung	Seite	46
Schrifttum		

I. Einleitung

Die Aufgabe dieser Arbeit ist es, die heute gebräuchlichsten Abformmaterialien für die in einem Stück, einschließlich der Halteelemente und Aufleger, gegossenen Prothesengerüste, auf ihre Abformgenauigkeit hinsichtlich der Verhältnisse in Kiefer und Mund zu prüfen.

Diese Abformgenauigkeit war von Bedeutung, nachdem es gelang Chrom - Kobalt - Legierungen zum Giessen von Prothesengerüsten in die Zahnheilkunde einzuführen.

H. J. E l b r e c h t (2) und J. J a n t z e n (8) erinnern daran, daß die Einführung der Chrom - Kobalt - Legierungen in die Zahnheilkunde und die vielseitige Anwendung dieses heute unentbehrlichen Werkstoffes mit folgenden drei entscheidenden Pioniertaten verbunden ist:

Der Göttinger Physiker T a m m a n n untersuchte erstmalig Legierungen von Kobalt und Chrom und berichtete 1909 von ihrer ungewöhnlichen Härte und Sprödigkeit. Diese Legierungen wurden schon frühzeitig zur Herstellung von zahnärztlichen Instrumenten verwendet.

Die beiden amerikanischen Forscher, der Zahntechnikermeister R. W. E r d l e und der Diplom-Ingenieur C. H. P r a n g e modifizierten durch Zusätze diese Grundlegierung und entwickelten in den Jahren 1929 - 1932 für dieses, Vitallium genannte Gußmaterial, eine geeignete und brauchbare Verarbeitungsmethode.

Fast zur gleichen Zeit demonstrierten in den USA die Zahnärzte R o a c h, K e n n e d y, G u m - m e r und W o o d w o r t h skelettierte, gestützte Gußprothesen aus Edelmetall - Legierungen. Sie gaben damit Anregung für eine neue, funktionell sehr hochwertige Prothesenform, für die sich Vitallium in gleicher Weise wie die Goldlegierungen als geeigneter Werkstoff erwies. Material, Verarbeitung und Anwendungsbereich fügten sich damit von vornherein so harmonisch ineinander, daß die Weiterentwicklung bis heute eine Verfeinerung auf der gegebenen Basis blieb und wesentliche Neuerungen sich nur in den Grenzgebieten ergaben. Die Austenal - Laboratorien liessen nach einigen Jahren der Erprobung das Gußmetall unter dem Namen Vitallium patentieren und führten es 1932 in die Zahnheilkunde ein.

Diese und die in der Folgezeit entwickelten, mundbeständigen Chrom - Kobalt - Legierungen sind nicht als Stahl zu bezeichnen. Sie führten in den Nachkriegsjahren zu einer Revolution in der bis dahin bekannten Technik für partielle Prothesen. Mit dieser vergießbaren Legierung besaß man nun ein Metall, mit dem man das Prothesengerüst mit seinen Auflegern und Halteelementen in einem Stück herstellen konnte. Die Halteelemente brauchten nicht mehr durch elektrische Punktschweißung befestigt werden, was bei unvorsichtiger Durchführung die Festigkeit der Stähle beeinflusst hatte und die Schwierigkeit durch die Kombination von Stahl mit komplizierten Klammertypen aus Gold - Platin war umgangen. Weitere Vorteile der gußfähigen Legierungen sind in der zierlichen

Gestaltung von Basis und Klammern zu sehen. Die Legierungen zeichnen sich durch besondere Korrosionsbeständigkeit aus und verändern ihre Farbe im Mund auch bei ungünstigen Bedingungen nicht. Diese Eigenschaften beruhen auf dem hohen Gehalt an Chrom, das genau wie beim Chromnickelstahl die Oberfläche der Legierung passiv gegen alle äußeren Einflüsse macht. Alle heute verwendeten eisenfreien Chrom - Kobalt - Legierungen entsprechen ungefähr der Zusammensetzung von ca. 70 % Kobalt und ca. 30 % Chrom.

Nach J. J a n t z e n (8) erreichen die Chrom - Kobalt - Legierungen Vitallium und Wisil noch eine verhältnismäßig hohe Dehnung von 10 % (f. 1 = 10 d) und 10,2 % (f. 1 = 10 d), wenn die Verarbeitungsbedingungen genau eingehalten werden. Die Härte der Legierungen ist bedingt durch eine besondere Kristallgitterform des Kobalts, das sich beim Abkühlen nach der Schmelze aus der γ - Phase in die hexagonale ϵ - Phase umlagert. Der Molybdänanteil dient der Stabilisierung des Gefüges bei unterschiedlichen Gußbedingungen. Durch Zusatz weiterer Elemente lassen sich die Legierungen geringfügig in ihren Eigenschaften beeinflussen.

Besonders zu beachten ist, daß die Chrom - Kobalt - Legierungen gegenüber den Gußgolden eine sehr große Erstarrungs- und Abkühlungskontraktion mit etwa 2,4 Volumen - % aufweisen. Außerdem liegen die Schmelzintervalle der Legierungen sehr hoch, unterschiedlich zwischen 1350 und 1620° C. Inzwischen haben sich auf Äthyl - Silikat - Basis entwickelte Einbettmassen gut be-

währt und gewährleisten einen ziemlich vollständigen Kontraktionsausgleich des Gusses. Auch bei hohen Vorwärmtemperaturen sind sie formstabil und lassen sich in ihrer thermischen Expansion so einstellen, daß absolut formgetreue Güsse resultieren. Im allgemeinen müssen für jede Legierung die Einbettmassen speziell eingestellt und die Arbeitsanweisungen beachtet werden, da sehr große Differenzen in der Höhe des Schmelzintervalles unter den einzelnen Legierungen gegeben sind. Dabei ist nicht nur entscheidend, welche Einbettmasse im einzelnen verwendet wird, sondern auch wie das Mischungsverhältnis, die Körnung, die Vorhärtings- und die Vorwärmtemperatur zu wählen sind.

II. Abformmaterialien

Erst in den letzten 20 Jahren führten intensive Forschungen auf dem Gebiet der zahnärztlichen Werkstoffkunde zu neuen Abformmaterialien, die unter Einhaltung der Arbeitsvorschriften eine bessere Abformgenauigkeit garantieren.

Bevor man elastische Abformmaterialien entwickelte, war man auf die bis dahin bekannten Materialien - Gips, Stentsmassen, Kerrmassen und Dentocoll - angewiesen.

Der durch Zusätze in seinen Eigenschaften verbesserte zahnärztliche Abdruckgips ist auch heute noch für bestimmte Zwecke ein nicht zu ersetzender Abdruckstoff. Er besitzt infolge seiner Plastizität und seiner hohen Fließfähigkeit eine sehr gut Abformeigenschaft. Sämtliche Feinheiten des abzuformenden Oberflächenreliefs werden sehr scharf wiedergegeben. Allerdings hat der Gips den Nachteil, daß er nicht elastisch ist und daß er deshalb in der Regel in geteiltem Zustand entfernt werden muß, wenn man nicht darauf verzichtet Ungenauigkeiten, insbesondere im Bereich des Zahnfleischrandes, mit in Kauf zu nehmen. K. H ä u p l (3) erinnert daran, daß die Verwendung von Gips um so ungünstiger ist, je schwieriger die Wiedergabe des Restgebisses ist, also je mehr gekippte, einzelne Zähne stehen oder je enger die Zähne stehen und je kürzer die Kieferkämme sind. Auch für die Darstellung von freigelegten Zahnzwischenräumen eignet sich Gips nicht. Nur in sehr günstigen

Fällen wird es möglich sein, den erhärteten Gipsabdruck im ganzen aus dem Mund zu entfernen. In den übrigen Fällen wird man von vornherein damit rechnen, den Gipsabdruck zu zerteilen. Lange schon hat man aber das Entfernen des Gipsabdruckes, das Zusammensetzen der einzelnen Bruchstücke im Abdrucklöffel sowie das Absticheln vom Arbeitsmodell als zeitraubend empfunden. Oft bereitet es Schwierigkeiten, die Bruchstücke fugen- und lückenlos zusammenzufügen, was für eine Präzisionsarbeit wie die Einstückgußmethode unbedingt notwendig ist. Gips eignet sich also nur bedingt als Abformmaterial für gegossene Prothesengerüste.

Im Jahre 1860 gab Ch. S t e n t s eine neue Abdruckmasse bekannt (R. S c h w i n d l i n g (10)). Es handelte sich dabei um eine thermoplastische Kompositionsmasse aus Harzen und bestimmten Zusatzstoffen. Außer diesen Stentsmassen zählen noch die Kerrmassen zu den thermoplastischen Kompositionsabdruckmassen. Ein Nachteil ist, daß sie bei Mundtemperatur nicht erstarren, sondern plastisch bleiben. R.

S c h w i n d l i n g (10) drückt die sich daraus ergebenden Folgen folgendermaßen aus:

" Diese warmplastischen Abdruckstoffe hatten jedoch den Nachteil, daß die Wiedergabe " unter-sich-gehender Partien " durch Verziehen der Abdruckmasse beim Herausnehmen des Abdrucks sehr ungenau erfolgt."

Um diesen Nachteil der Kompositionsabdruckmassen auszuschalten, vermag die Anwendung der von E. K e n n e d y (9) und K ö h l e r propagier-

ten Kerrschlüsselstückmethode Vorteile bringen. Ihr Prinzip ist dadurch gekennzeichnet, daß der Abdruck mit Kompositionsmassen in mehreren Teilen gewonnen wird: der linguale (palatinale) Bereich einschließlich der vorhandenen Kauflächen und davon isoliert den bukkalen Bereich in mehreren Abschnitten.

Seitdem es gelungen ist, plastisch-elastische Abformmassen herzustellen, wird von der Methode des Schlüsselabdruckes wenig Gebrauch gemacht. Infolge ihrer Elastizität geben sie auch unter-sich-gehende Stellen genau wieder.

Zu den sogenannten vollelastischen Abformmassen zählen die nach dem ersten Weltkrieg entwickelten Hydrocolloide, die nach ihrer Verfestigung im Munde noch eine genügende Elastizität besitzen, um die mit dem Herausnehmen verbundene Formveränderung ausgleichen zu können. Diese Eigenschaften besitzen u. a. die reversiblen Kolloide. Ihre Zusammensetzung - auf Agar-Agar-Basis - wird mit ca. 70 % Wasser, ca. 10 % mineralische Bestandteile und ca. 20 % Gelatine mit Baumwollfasern - als Zusatz zur Verfestigung des Gels - angegeben. Demnach sind sie als Leimmassen zu bezeichnen. Als notwendige Hilfsmittel für die Abdrucknahme kommen ein besonderer Kocher, ein Hygrophor und ein besonderer Löffelsatz in Betracht. Die Verarbeitung muß sehr vorsichtig durchgeführt und die Erwärmung auf eine bestimmte Temperatur genau eingehalten werden. Die Abdrücke sollen sofort mit Gips ausgegossen werden, um einen Feuchtigkeitsverlust, der eine Formveränderung nach sich

zieht, zu verhindern. In Deutschland konnten sie sich nicht durchsetzen, da ihre Verarbeitung zu umständlich ist.

J. J a n t z e n (8) und R. S c h w i n d l i n g (10) erinnern daran, daß erst 1940, die schon im Jahre 1883 von E. C. C. S t a n f o r d gemachte Beobachtung, daß Na-, Ca- oder Aluminiumalginat mit bestimmten Carbonaten oder Sulfaten zusammen eine gelatinöse Masse ergeben, von W i l d i n g für die Herstellung eines zahnärztlichen Abformmaterials verwendet wurde.

Im Jahre 1947 kamen die Alginat aus den Vereinigten Staaten von Amerika zu uns, aber es dauerte noch bis 1950, bis Zelex als erstes Alginat auf dem Markt erschien.

Die Alginat zeichnen sich durch ihre einfache und schnelle Verarbeitung aus, die jedoch von einigen Nachteilen begleitet ist, welche nur durch genaues Einhalten der Fabrikvorschriften ausgeglichen werden können. Die Fließfähigkeit der Abdruckmasse ist relativ gering. Durch leichte Druckanwendung während der Applikation im Munde gelangt die Masse jedoch leicht in alle Vertiefungen und Unterschnitte, so daß nach der Erhärtung das Abdrucknegativ sämtliche Reliefformen des Kiefers und der Zähne gut wiedergibt. Durch den Abbindevorgang gehen die Alginat aus dem plastischen Zustand in einen festen aber elastischen Zustand über. Die Dicke der Alginatmassen im Abdrucklöffel muß jedoch genügend stark sein (5 mm), um bei dickbauchigen oder schiefstehenden Zähnen genügend

elastisch nachgeben zu können. Ihre Elastizität ermöglicht es, die Abdrücke in einem Stück zu entfernen. Diese Elastizität und auch die Festigkeit, die besonders beim Entfernen des Abdrucks beansprucht wird, zeigt sich beim Herausnehmen des Abdrucks aus dem Mund: Das Material federt über die überhängenden Kieferteile, um sich dann in seine ursprüngliche Lage zurückzustellen. Sollen exakte Modelle angefertigt werden, so ist das sofortige Ausgießen mit Modellgips nach der Abdrucknahme erforderlich, da die Alginatabdruckmassen beim Lagern an der Luft sehr schnell durch Wasserabdunstung ihre Form verändern und schrumpfen.

Weitere elastische Abformmassen sind die Silicon-Abdruckmassen (Siloxane), die die Produkte eines neuen Chemiezweiges, der Silizium-Chemie sind. Eng mit dieser Entwicklung der Silizium-Chemie sind die Forscher K i p p l i n g aus England und S u l l i v a n aus Amerika verbunden. Die Grundstoffe dieser Silizium-Verbindungen sind Sand, Erdöl und Meerwasser.

Die Grundeigenschaften der Silicone sind ihre Beständigkeit gegen Temperaturunterschiede und eine gute Dehnbarkeit. Verschiedene Autoren (H e n k e l (5), H a n e l (4) u.a.) beurteilen die Formbeständigkeit dieser Abdruckmassen, auch bei längerer Lagerung in der Luft, als günstig. Ihre Fließfähigkeit entspricht in etwa den Elastomeren auf Polysulfid-Kautschuk-Basis. Bei der Abdrucknahme ist eine leichte Druckanwendung erforderlich. In Bezug auf ihre

Elastizität sind die Silicone den übrigen Abformmaterialien überlegen, da ihr Rückstellvermögen am größten ist. Zur Abformung fertigt man auf vorher hergestellten Modellen individuelle Abdrucklöffel. Die Abformung erfolgt wie bei den Alginaten. Ihr Optimum an Genauigkeit erreichen die Abdrücke auf Silicon-Basis nach 24-stündiger Liegedauer (V.K. I l g (7)).

Außerdem wurden in den USA neue Kautschukabdruckmassen auf Polysulfid-Kautschuk-Basis - die Thio-colle - entwickelt und 1954 auf den Markt gebracht (R. S c h w i n d l i n g (11)). Es sind selbstpolymerisierende oder selbstvulkanisierende Kautschukverbindungen. Diese Abformmassen werden in Packungen mit zwei Tuben in den Handel gebracht. Der Tubeninhalt besteht aus einer Grundsubstanz und einem Accelerator - pastenartigen Massen. Durch Vermengen des Accelerators mit der Grundsubstanz wird letztere vom pastösen in den festelastischen Zustand überführt.

Die verschiedene Fließfähigkeit und ebenso die verschiedene Abbindegeschwindigkeit hängen von der Zusammensetzung der jeweiligen Fabrikate ab. Bessere Modellergebnisse erhält man bei Versuchen mit solchen Massen, die geringe Viskosität und eine längere Abbindedauer aufweisen. Schon während der Abdrucknahme treten elastische Beanspruchungen auf, die sich nach Abheben des Abdrucklöffels in einer Entspannung nach dem Negativhohlraum zu lösen. Aus diesem Grund wird das Arbeitsmodell bei sofortigem Ausgießen des Abdrucks mit Modellmaterial geringfügig ver-

kleinert. Modelle, die dem Originalwert entsprechen, kann man erst dann erhalten, wenn die Abdrücke nach 24-stündiger Liegedauer an der Luft ausgegossen werden. Im Vergleich mit anderen elastischen Abformmaterialien besitzen die Thio-colle eine gesteigerte Elastizität, größere Widerstandsfähigkeit und Neutralität gegenüber Modellgips.

Wie bei den Siliconen muß ein individueller Abdrucklöffel zur Abdrucknahme hergestellt werden.

Ein Nachteil der Elastomere ist, daß sie sich nicht in größeren Mengen gleichmäßig anmischen lassen und so ihr Indikationsgebiet auf kleinere Abdrücke beschränkt ist. Weiterhin empfinden die Patienten ihren Geruch und ihren Geschmack als unangenehm, was auf die in der Grundsubstanz enthaltenen Schwefelverbindungen zurückzuführen ist.

R. S c h w i n d l i n g (10,11) und V.K. I l g (7) haben die beschriebenen Abformmaterialien untersucht und dadurch viele wertvolle Beiträge und Ergebnisse für die Prothetik gewonnen. Sie weisen darauf hin, daß man nicht jedes Abformmaterial bedenkenlos in jedem Fall und für jede prothetische Arbeit verwenden kann, da seinem Anwendungsbereich Grenzen gesteckt sind. Diese liegen im jeweiligen chemisch-physikalischen Verhalten der einzelnen Materialien; dadurch ist ihr jeweiliger Indikationsbereich verschiedenen weit abzustecken.

Weiterhin darf nicht nur das Verhalten des Abformmaterials während seines Abbindevorgangs

bei der Abdrucknahme beachtet werden, sondern auch sein Dimensionsverhalten im Zusammenhang mit dem Modellgips. M. M o s s d o r f (5) bezeichnet das Verhältnis von Abdruckmittel zum Modellgips als einen Komplex, der in gegenseitiger Abhängigkeit steht. Die Gefahr der Veränderung des Modellwerkstoffes Gips tritt in dem Augenblick auf, indem derselbe mit bestimmten Abdruckstoffen in Verbindung tritt. Diese Erscheinung ist von den Alginaten bekannt und muß nochmals gesondert bei den Siliconemassen überprüft werden. Nach G. H e n k e l (5) liegt die bleibende Verformung bei:

Zelex	bei	9,2 %
Imprex	bei	8,1 %
Silone	bei	1,9 %

Dies wurde mit Hilfe der Elastometerprüfung bei einer Last von 1 kg/cm^2 ermittelt.

Wesentlich ist die Frage der Oberflächenglätte, wie sie durch verschiedene Werkstoffe hervorgerufen werden kann. Hier hat H. v a n T h i e l (6) nachgewiesen, daß die Alginat eine relativ günstige Oberflächenglätte hervorrufen. Bei Siliconeabdrücken ist die Oberfläche des Modellwerkstoffes ebenfalls außerordentlich gering profiliert.

III. Eigene Untersuchungen

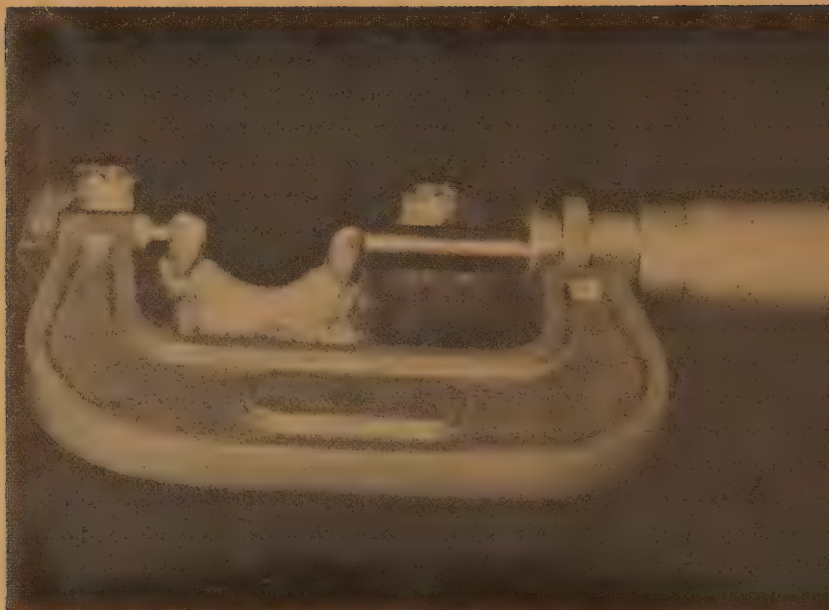
Die Untersuchungen dienten dem Ziel festzustellen, wie sich die verschiedenen Abformmaterialien in ihrer Modelltreue praktisch verhalten.

Da man zu vergleichenden Untersuchungen mindestens 60 Abdrücke bei einem Patienten nehmen müßte und die Meßgenauigkeit im Munde nicht mit der notwendigen Präzision durchgeführt werden könnte, stellten wir ein Messingmodell des Unterkiefers her, bei dem auf den Eckzähnen und Molaren Markierungen angebracht sind (siehe Abb.).

Als Meßpunkte dienten eingravierte Kreuze auf den Lingualflächen der Eckzähne und in den Fissuren der Molaren. Die Markierungspunkte bewährten sich nicht, weil sie zu klein waren und durch die Abformmaterialien nur ungenau wiedergegeben wurden. Außerdem waren die Meßpunkte für jegliche Meßinstrumente unzugänglich.

Bei der Wahl größerer Markierungen wäre zwar deren Wiedergabe auf den Abdruckmodellen besser und genauer und man könnte sie mit den Meßinstrumenten leichter erreichen, aber die Meßgenauigkeit würde darunter leiden, was besagt, daß die Meßfehler zu groß würden.

Deshalb wurden auf dem Messingmodell des Unterkiefers Meßpunkte in Form parallel liegender Flächen eingeschliffen, die sowohl durch das Abformmaterial gut wiedergegeben werden, als auch für die Meßinstrumente gut zugänglich sind. Meßfehler können also weitgehend ausgeschlossen



werden.

Als Meßpunkte dienten die parallel zueinander geschliffenen Distalkanten der Eckzähne und die parallel zueinander geschliffenen Bukkalflächen der Molaren. Mit Mikrometerschrauben wurden die Maße des Ausgangsmodells festgestellt. (siehe Abb.).

Abstand der Distalflächen	$\frac{3}{3}$	28,855 mm
Abstand der Bukkalflächen	$\frac{6}{6}$	58,070 mm

Aus der Vielzahl der von der Dental-Industrie heute angebotenen Abformmaterialien wurden zu diesem Zweck die Fabrikate Zelex, Imprex und Silone ausgewählt und geprüft.

1. Zelex¹

Man mengt das Pulver durch Schütteln der Dose. Auf der Zelexwaage stellt man mit 50 ccm Wasser das Gleichgewicht mit der entsprechenden Menge Pulver her. Dann gibt man zuerst das Pulver in den Anrührnapf und darauf das Wasser und spachtelt 45 - 60 Sek. gut durch. Nach Eingeben der Abformmasse in den Abdrucklöffel kann das Modell leicht in das Abformmaterial eingedrückt werden. Nach erfolgtem Abbinden des Alginates läßt sich das Modell gut aus dem Abdruck entfernen. Die dem Präparat beigegebene Gebrauchsan-

¹ Hersteller: De Trey GmbH 62 Wiesbaden

weisung ist also genau einzuhalten.

2. Imprex²

In ähnlicher Weise läßt sich das Fabrikat Imprex verarbeiten. Das Gewichtsverhältnis von Pulver und Wasser ist 1 : 1 und das Durchspateln im Anrührnapf erfolgt 1 1/2 Minuten lang, wie es in der Gebrauchsanweisung angegeben ist. In ihrer weiteren Verarbeitung gleichen sich die Alginate.

Alle Abdrücke aus Zelex und Imprex sollen sofort nach Entfernen des Modells oder spätestens nach 15 Minuten ausgegossen werden.

3. Silone³,

das einzige Abformmaterial dieser Untersuchungen auf Silicon-Basis, wird mit Reaktol angerührt. Als Abdrucklöffel dienen auf dem Messingmodell hergestellte, individuelle Abdrucklöffel aus Palavit-M.

Man spatelt auf einer kühlen Glasplatte 30 cm Silone mit 30 Tropfen Reaktol 1 1/1 Minuten lang gut durch. Dann gibt man die Abformmasse blasenfrei in den Abdrucklöffel ein und drückt das Modell hinein. Nach Abbinden der Masse wird das

²Hersteller: Espe GmbH Seefeld Oberbayern

³Hersteller: Detax-Dental Karlsruhe/Rh.

Modell entfernt und das Negativ mit Duroc blasenfrei ausgefüllt.

Auf diese Weise mußten mit jeder Abformmasse je 20 Abdrücke hergestellt werden.

4. Der Hartgips Duroc⁴,

diente als Modellmaterial. Dazu streut man in 24 ccm Wasser 100 g Gipspulver und rührt diese Masse 30 Sekunden lang gut durch. Um Blasenbildung zu vermeiden, ist der Gips gut in das Negativ einzurütteln. Wenn der Gips abgebunden hat, entfernt man das jeweilige Abformmaterial vorsichtig in kleinen Stücken.

Die Versuche wurden bei gegebener Luftfeuchtigkeit und Aussentemperatur, also nicht unter idealen Laboratoriumsbedingungen durchgeführt. Sie entsprechen jedoch den gleichen Bedingungen, wie sie der Zahnarzt in seiner Praxis vorfindet. Ausserdem kann bei den statistischen Berechnungen die Wassertemperatur vernachlässigt werden, da bei jeder Versuchsreihe die gleiche Anzahl an Modellen mit der gleichen Wassertemperatur hergestellt wurde.

Nach Fertigstellung der Modelle wurde mit einer Mikrometerschraube der Abstand zwischen den parallelgeschliffenen bukkalen Flächen der Molaren und an den parallelgeschliffenen distalen

⁴ Hersteller: The Ransom & Randolph Company
Toledo, Ohio, USA

Flächen der Eckzähne gemessen. Um eventuelle Messfehler auszuschliessen, erfolgte als Kontrolle einen Tag später die 2.-Messung.

Die folgenden Tabellen zeigen die Messwerte der Modelle und die jeweiligen Differenzwerte zum Originalmodell. In den beiliegenden Kurven findet man die Messwerte und den Durchschnittswert der Abweichung vom Ausgangsmodell.

Versuchsreihe I. Nr. 1 - 20

Abformmaterial: Zelex

Modellmaterial: Duroc

Meßdistanz: Abstand der Distalflächen von $\frac{3}{3}$

Messwerte in mm	Differenzwert zum Original in mm
28,93	+ 0,08
28,88	+ 0,03
28,88	+ 0,03
28,86	+ 0,01
28,96	+ 0,11
28,90	+ 0,05
28,90	+ 0,05
28,92	+ 0,07
28,97	+ 0,12
28,90	+ 0,05
28,85	+ 0,00
28,92	+ 0,07
28,93	+ 0,08
28,89	+ 0,04
28,88	+ 0,03
29,02	+ 0,17
28,86	+ 0,01
28,90	+ 0,05
28,88	+ 0,03
28,90	+ 0,05

Versuchsreihe I. Nr. 1 - 20

Abformmaterial: Zelex

Modellmaterial: Duroc

Meßdistanz: Abstand der Bukkal-Flächen von 6 / 6

Messwerte	Differenzwert zum
in mm	Original in mm

58,22	+ 0,15
-------	--------

58,18	+ 0,11
-------	--------

58,21	+ 0,14
-------	--------

58,17	+ 0,10
-------	--------

58,19	+ 0,12
-------	--------

58,21	+ 0,14
-------	--------

58,18	+ 0,11
-------	--------

58,19	+ 0,12
-------	--------

58,19	+ 0,12
-------	--------

58,14	+ 0,07
-------	--------

58,24	+ 0,17
-------	--------

58,20	+ 0,13
-------	--------

58,21	+ 0,14
-------	--------

58,17	+ 0,10
-------	--------

58,18	+ 0,11
-------	--------

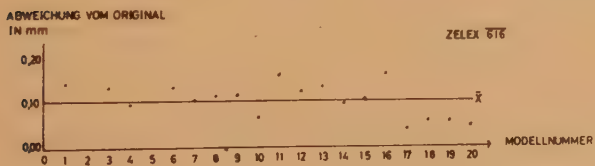
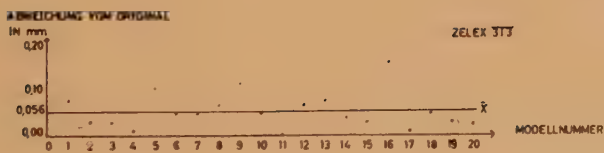
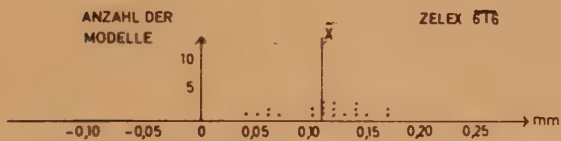
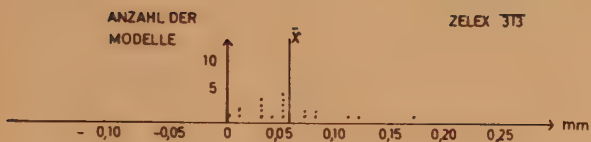
58,24	+ 0,17
-------	--------

58,11	+ 0,04
-------	--------

58,13	+ 0,06
-------	--------

58,13	+ 0,06
-------	--------

58,12	+ 0,05
-------	--------



Versuchsreihe II. Nr. 1 - 20

Abformmaterial: Imprex

Modellmaterial: Duroc

Meßdistanz: Abstand der Distalflächen von 3 / 3

Messwerte	Differenzwert zum
in mm	Original in mm

28,90	+ 0,05
28,93	+ 0,08
28,90	+ 0,05
28,86	+ 0,01
28,90	+ 0,05
28,90	+ 0,05
28,90	+ 0,05
28,88	+ 0,03
28,91	+ 0,06
28,90	+ 0,05
28,88	+ 0,03
28,86	+ 0,01
28,87	+ 0,02
28,90	+ 0,05
28,91	+ 0,06
28,86	+ 0,01
28,87	+ 0,02
28,95	+ 0,10
28,89	+ 0,04
28,86	+ 0,01

Versuchsreihe II. Nr. 1 - 20

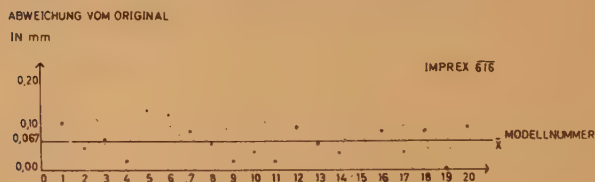
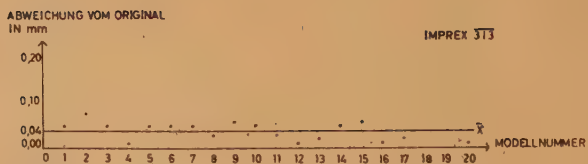
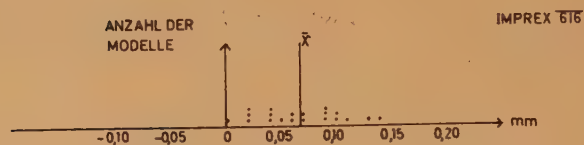
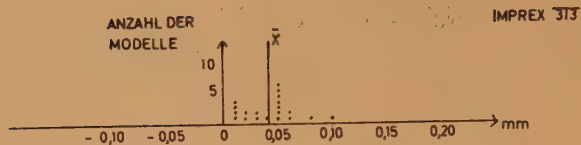
Abformmaterial: Imprex

Modellmaterial: Duroc

Meßdistanz: Abstand der Bukkal-Flächen von $\overline{6 / 6}$

Messwerte in mm	Differenzwert zum Original in mm
--------------------	-------------------------------------

58,18	+ 0,11
58,12	+ 0,05
58,14	+ 0,07
58,09	+ 0,02
58,21	+ 0,14
58,20	+ 0,13
58,16	+ 0,09
58,13	+ 0,06
58,09	+ 0,02
58,11	+ 0,04
58,09	+ 0,02
58,17	+ 0,10
58,13	+ 0,06
58,11	+ 0,04
58,14	+ 0,07
58,16	+ 0,09
58,11	+ 0,04
58,16	+ 0,09
58,07	+ 0,00
58,17	+ 0,10



Versuchsreihe III. Nr. 1 - 20

Abformmaterial: Silone

Modellmaterial: Duroc

Meßdistanz: Abstand der Distalflächen von 3 / 3

Messwerte	Differenzwerte zum
in mm	Original in mm

28,89	+ 0,04
28,99	+ 0,14
29,00	+ 0,15
28,92	+ 0,07
28,94	+ 0,09
28,88	+ 0,03
28,87	+ 0,02
28,98	+ 0,13
29,02	+ 0,17
28,91	+ 0,06
28,90	+ 0,05
28,91	+ 0,06
28,97	+ 0,12
28,99	+ 0,14
29,02	+ 0,17
29,01	+ 0,16
28,85	+ 0,00
28,92	+ 0,07
28,96	+ 0,11
28,91	+ 0,06

Versuchsreihe III. Nr. 1 - 20

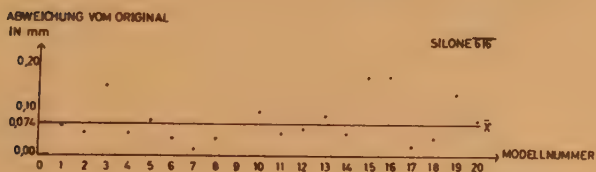
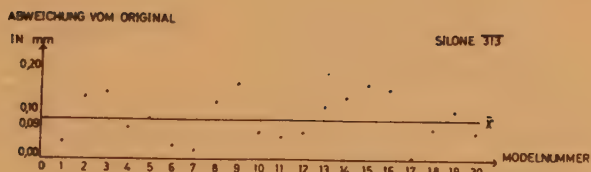
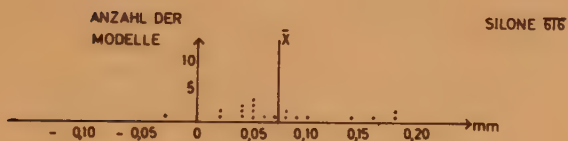
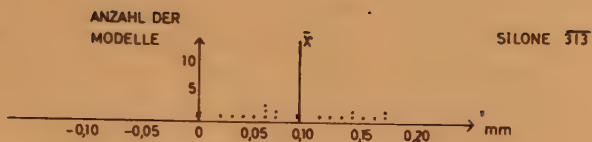
Abformmaterial: Silone

Modellmaterial: Duroc

Meßdistanz: Abstand der Bukkal-Flächen von $\overline{6 / 6}$

Messwerte in mm	Differenzwert zum Original in mm
--------------------	-------------------------------------

58,14	+ 0,07
58,12	+ 0,05
58,23	+ 0,16
58,12	+ 0,05
58,15	+ 0,08
58,11	+ 0,04
58,09	+ 0,02
58,11	+ 0,04
58,04	- 0,03
58,17	+ 0,10
58,12	+ 0,05
58,13	+ 0,06
58,16	+ 0,09
58,12	+ 0,05
58,25	+ 0,18
58,25	+ 0,18
58,09	+ 0,02
58,11	+ 0,04
58,21	+ 0,14
58,15	+ 0,08



IV. Statistische Auswertung

Die Ergebnisse haben gezeigt, daß die abgeformten Modelle in horizontaler Richtung größer sind als das Original. Ein Vergleich der Abformmaterialien wurde durch die statistischen Berechnungen ermöglicht.

Um diese leichter durchführen zu können, wurde mit den Differenzwerten zwischen dem Originalmodell und den durch die Abdrücke duplizierten Modellen gerechnet.

Der Durchschnittswert der abweichenden Maße wurde nach folgender Rechnung ermittelt:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}, \text{ wobei}$$

$\bar{x}$ = Durchschnittswert,

x = Maß des Abdruckmodells - Maß des Originalmodells,

n = Anzahl der Modelle.

Die Durchschnittswerte liegen bei:

$$\frac{3}{3} \frac{\sum x}{n} \quad \frac{6}{6} \frac{\sum x}{n}$$

Zelex	0,057	0,111
Imprex	0,042	0,067
Silone	0,092	0,074

Man geht hier folgendermaßen vor:

Man testet die Hypothese, daß alle 3 Abformmaterialien - zusammen mit Duroc - die gleiche Abformgenauigkeit haben, mit dem R a n g - Test. Die Werte $x_1, x_2, \dots, x_n$ werden dem Absolutbetrag nach geordnet, durch die Rangzahlen ersetzt und diese sodann mit dem ursprünglichen Vorzeichen versehen.

Treten Bindungen auf, so wird allen in einer Bindung vereinigten Werten dieselbe Rangzahl zugeordnet und zwar das arithmetische Mittel jener Rangzahlen, die die in der Bindung vereinigten Werte bekämen, wenn sie verschieden wären.

Ein geeigneter, verteilungsfreier Test ist der von K r u s k a l - W a l l i s. Er geht von der Größe

$$\sum_{i=1}^k n_i (\bar{R}_i - \bar{R})^2$$

aus. Dabei ist $\bar{R}_i$ die durchschnittliche Rangzahl der i. Stichprobe, $\bar{R}$ der Gesamtdurchschnitt der Rangzahlen. Die Summe der Stichprobenumfänge n_i bezeichnet man mit n. Mann kann zeigen, daß

$$\frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^k n_i (R_i - \bar{R})^2$$

für $n \rightarrow \infty$ verteilt ist nach χ^2 mit $(k-1)$ Freiheitsgraden.

Für die praktischen Berechnungen der Testgröße geht man nicht von den durchschnittlichen Rangzahlen $\bar{R}_i$ aus, sondern von der Summe der Rang-

zahlen in den einzelnen Stichproben R_i , wobei zwischen R_i und $\bar{R}_i$ die Beziehung $\bar{R}_i = R_i/n_i$ besteht. Außerdem gilt:

$$\bar{R} = (1 + 2 + \dots + n) / n = (n + 1) / 2,$$

so daß man für die praktische Berechnung der Testgröße folgende Formel erhält: ($R_i = R$)

$$T = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(n+1) \quad (A)$$

Zur Kontrolle kann man sich der Beziehung

$$\sum_{i=1}^k R_i = \frac{n(n+1)}{2} \quad \text{bedienen.}$$

Sind alle n_i gleich, so gilt $n_i = n/k$ und die Formel (A) vereinfacht sich weiter zu:

$$T = \frac{12 \cdot k}{n^2(n+1)} \sum_{i=1}^k R_i^2 - 3(n+1)$$

Diese vereinfachte Formel wurde auch für die statistische Auswertung der Versuche verwendet.

a) Mittelwertvergleich

Die Werte der Abdruckmodelle, die auf den Seiten 19 - 24 in den Tabellen angegeben sind, werden von den entsprechenden Werten des Originalmodelles subtrahiert, dem Rang - Test entsprechend

nach dem Absolutbetrag geordnet und durch Rangzahlen ersetzt (s.S. 29 - 36). Nun wurde mit Hilfe des K r u s k a l - W a l l i s - T e s t der Mittelwertvergleich nach der Formel:

$$T = \frac{12 \cdot k}{n^2 (n + 1)} \sum_{i=1}^k R_i^2 - 3 (n + 1)$$

durchgeführt, wobei:

n = Anzahl der durchgeführten Versuche = 60

k = Anzahl der Abformmassen = 3

R_i = Summe der Rangzahlen in einer Spalte.

Wenn beim Vergleich aller 3 Gruppen $T > 9,210$ ist, dann kann mit 1 %iger Sicherheit gesagt werden, daß sich die Gruppen untereinander unterscheiden. Um nun die Gruppe zu ermitteln, deren Mittelwert am stärksten abweicht, wurden jeweils die Messwerte von 2 Abformmaterialien miteinander verglichen, wobei dann:

n = 40

k = 2

waren.

Wenn dann beim Vergleich von 2 Gruppen $T > 6,635$ ist, dann unterscheiden sich diese beiden Gruppen.

Mittelwertvergleich mit dem Kruskal-Wallis-Test

Abformmaterialien: Zelex, Imprex, Silone

Modellmaterial: Duroc

Meßwerte: x_1 bis x_{60} gemessen an 3 / 3

Zelex	R_1	Imprex	R_2	Silone	R_3
0,00	1,5			0,00	1,5
0,01	5,5	0,01	5,5		
0,01	5,5	0,01	5,5		
		0,01	5,5		
		0,01	5,5		
		0,02	10,0	0,02	10,0
		0,02	10,0		
0,03	15,0	0,03	15,0	0,03	15,0
0,03	15,0	0,03	15,0		
0,03	15,0				
0,03	15,0				
0,04	20,0	0,04	20,0	0,04	20,0
0,05	28,0	0,05	28,0	0,05	28,0
0,05	28,0	0,05	28,0		
0,05	28,0	0,05	28,0		
0,05	28,0	0,05	28,0		
0,05	28,0	0,05	28,0		
		0,05	28,0		
		0,06	37,0	0,06	37,0
		0,06	37,0	0,06	37,0
				0,06	37,0
0,07	41,5			0,07	41,5
0,07	41,5			0,07	41,5
0,08	45,0	0,08	45,0		
0,08	45,0				
		0,10	48,0	0,09	47,0
0,11	49,5			0,11	49,5
0,12	51,5			0,12	51,5
				0,13	53,0
				0,14	55,0
				0,14	55,0
				0,14	55,0
				0,16	57,0
0,17	59,0			0,17	59,0
R	565,5		455,0		809,5
R^2	319790,25		207025,0		655291,25
T			<u>10,787</u>		

Mittelwertvergleich mit dem Kruskal-Wallis-Test

Abformmaterialien: Zelex, Imprex

Modellmaterial: Duroc

Meßwerte: x_1 bis x_{40} gemessen an 3 / 3

Zelex	R_1	Imprex	R_2
0,00	1,0		
0,01	4,5	0,01	4,5
0,01	4,5	0,01	4,5
		0,01	4,5
		0,01	4,5
		0,02	8,5
		0,02	8,5
0,03	12,5	0,03	12,5
0,03	12,5	0,03	12,5
0,03	12,5		
0,03	12,5		
0,04	16,5	0,04	16,5
0,05	23,5	0,05	23,5
0,05	23,5	0,05	23,5
0,05	23,5	0,05	23,5
0,05	23,5	0,05	23,5
0,05	23,5	0,05	23,5
		0,05	23,5
		0,05	23,5
		0,06	30,5
		0,06	30,5
0,07	32,5		
0,07	32,5		
0,08	35,0	0,08	35,0
0,08	35,0		
		0,10	37,0
0,11	38,0		
0,12	39,0		
0,17	40,0		
R	446,0		374,0
R^2	198916,0		139876,0
T		<u>2,16</u>	

Mittelwertvergleich mit dem Kruskal-Wallis-Test

Abformmaterialien: Zelex, Silone

Modellmaterial: Duroc

Meßwerte: x_1 bis x_{40} gemessen an $\overline{3 / 3}$

Zelex	R_1	Silone	R_2
0,00	1,5	0,00	1,5
0,01	3,5		
0,01	3,5		
		0,02	5,0
0,03	8,0	0,03	8,0
0,03	8,0		
0,03	8,0		
0,03	8,0		
0,04	11,5	0,04	11,5
0,05	15,5	0,05	15,5
0,05	15,5		
0,05	15,5		
0,05	15,5		
0,05	15,5		
		0,06	20,0
		0,06	20,0
		0,06	20,0
0,07	23,5	0,07	23,5
0,07	23,5	0,07	23,5
0,08	26,5		
0,08	26,5		
		0,09	28,0
0,11	29,5	0,11	29,5
0,12	31,5	0,12	31,5
		0,13	33,0
		0,14	35,0
		0,14	35,0
		0,14	35,0
		0,16	37,0
0,17	39,0	0,17	39,0
		0,17	39,0
R	329,5		490,5
R^2	108570,25		240572,25
T		<u>4,735</u>	

Mittelwertvergleich mit dem Kruskal-Wallis-Test

Abformmaterialien: Imprex, Sione

Modellmaterial: Duroc

Meßwerte: x_1 bis x_{40} gemessen an $\overline{3 / 3}$

Imprex	R_1	Silone	R_2
0,01	3,5	0,00	1,0
0,01	3,5		
0,01	3,5		
0,01	3,5		
0,02	7,0	0,02	7,0
0,02	7,0		
0,03	10,0	0,03	10,0
0,03	10,0		
0,04	12,5	0,04	12,5
0,05	17,5	0,05	17,5
0,05	17,5		
0,05	17,5		
0,05	17,5		
0,05	17,5		
0,05	17,5		
0,06	24,0	0,06	24,0
0,06	24,0	0,06	24,0
		0,06	24,0
		0,07	27,5
		0,07	27,5
0,08	29,0		
		0,09	30,0
0,10	31,0		
		0,11	32,0
		0,12	33,0
		0,13	34,0
		0,14	36,0
		0,14	36,0
		0,14	36,0
		0,16	38,0
		0,17	39,5
		0,17	39,5
R	291,0		529,0
R^2	84681,0		279841,0
T		<u>10,369</u>	

Mittelwertvergleich mit dem Kruskal-Wallis-Test
 Abformmaterialien: Zelex, Imprex, Silone
 Modellmaterial: Duroc
 Meßwerte: x_1 bis x_{60} gemessen an $\frac{6}{6}$

Zelex	R_1	Imprex	R_2	Silone	R_3
				-0,03	1,0
		0,00	2,0		
		0,02	5,0	0,02	5,0
		0,02	5,0	0,02	5,0
		0,02	5,0		
0,04	11,0	0,04	11,0	0,04	11,0
		0,04	11,0	0,04	11,0
		0,04	11,0	0,04	11,0
0,05	17,5	0,05	17,5	0,05	17,5
				0,05	17,5
				0,05	17,5
				0,05	17,5
0,06	23,0	0,06	23,0	0,06	23,0
0,06	23,0	0,06	23,0		
0,07	27,5	0,07	27,5	0,07	27,5
		0,07	27,5		
				0,08	30,5
				0,08	30,5
		0,09	33,5	0,09	33,5
		0,09	33,5		
		0,09	33,5		
0,10	38,0	0,10	38,0	0,10	38,0
0,10	38,0	0,10	38,0		
0,11	42,5	0,11	42,5		
0,11	42,5				
0,11	42,5				
0,12	46,0				
0,12	46,0				
0,12	46,0				
0,13	48,5	0,13	48,5		
0,14	52,0	0,14	52,0	0,14	52,0
0,14	52,0				
0,14	52,0				
0,15	55,0				
				0,16	56,0
0,17	57,5				
0,17	57,5				
				0,18	59,5
				0,18	59,5
R	818,0		488,0		524,0
R^2	669124,0		238144,0		274576,0
T			12,38		

Mittelwertvergleich mit dem Kruskal-Wallis-Test.

Abformmaterialien: Zelex, Imprex

Modellmaterial: Duroc

Meßwerte: x_1 bis x_{40} gemessen an 6 / 6

Zelex	R_1	Imprex	R_2
		0,00	1,0
		0,02	3,0
		0,02	3,0
		0,02	3,0
0,04	6,5	0,04	6,5
		0,04	6,5
		0,04	6,5
0,05	9,5	0,05	9,5
0,06	12,5	0,06	12,5
0,06	12,5	0,06	12,5
0,07	16,0	0,07	16,0
		0,07	16,0
		0,09	19,0
		0,09	19,0
		0,09	19,0
0,10	22,5	0,10	22,5
0,10	22,5	0,10	22,5
0,11	26,5	0,11	26,5
0,11	26,5		
0,11	26,5		
0,12	30,0		
0,12	30,0		
0,12	30,0		
0,13	32,5	0,13	32,5
0,14	35,5	0,14	35,5
0,14	35,5		
0,14	35,5		
0,15	38,0		
0,17	39,5		
0,17	39,5		
R	527,5		292,5
R^2	278156,25		84556,25
T		<u>9,736</u>	

Mittelwertvergleich mit dem Kruskal-Wallis-Test

Abformmaterialien: Zelex, Silone

Modellmaterial: Duroc

Meßwerte: x_1 bis x_{40} gemessen an $\overline{6/6}$

Zelex	R_1	Silone	R_2
		-0,03	1,0
		0,02	2,5
		0,02	2,5
0,04	5,5	0,04	5,5
		0,04	5,5
0,05	10,0	0,04	5,5
		0,05	10,0
		0,05	10,0
		0,05	10,0
0,06	14,0	0,05	10,0
0,06	14,0	0,06	14,0
0,07	16,5	0,07	16,5
		0,08	18,5
		0,08	18,5
		0,09	20,0
0,10	22,0	0,10	22,0
0,10	22,0		
0,11	25,0		
0,11	25,0		
0,11	25,0		
0,12	28,0		
0,12	28,0		
0,12	28,0		
0,13	30,0		
0,14	32,5	0,14	32,5
0,14	32,5		
0,14	32,5		
0,15	35,0		
		0,16	36,0
0,17	37,5		
0,17	37,5		
		0,18	39,5
		0,18	39,5
R	500,5		319,5
R^2	150500,25		102080,25
T		<u>5,992</u>	

Mittelwertvergleich mit dem Kruskal-Wallis-Test

Abformmaterialien: Imprex, Silone

Modellmaterial: Duroc

Meßwerte: x_1 bis x_{40} gemessen an 6 / 6

Imprex	R_1	Silone	R_2
		-0,03	1,0
0,00	2,0		
0,02	5,0	0,02	5,0
0,02	5,0	0,02	5,0
0,02	5,0		
0,04	10,5	0,04	10,5
0,04	10,5	0,04	10,5
0,04	10,5	0,04	10,5
0,05	16,0	0,05	16,0
		0,05	16,0
		0,05	16,0
		0,05	16,0
0,06	20,0	0,05	16,0
0,06	20,0	0,06	20,0
0,07	23,0		
0,07	23,0	0,07	23,0
		0,08	25,5
0,09	28,5	0,08	25,5
0,09	28,5	0,09	28,5
0,09	28,5		
0,10	32,0		
0,10	32,0	0,10	32,0
0,11	34,0		
0,13	35,0		
0,14	36,5		
		0,14	36,5
		0,16	38,0
		0,18	39,5
		0,18	39,5
R	405,5		414,5
R^2	164430,25		171900,25
T		<u>0,048</u>	

b) Streuungsvergleich

Die Abweichung der Meßwerte der Modelle vom Durchschnittswert der jeweiligen Versuchsreihe soll mit dem Streuungsvergleich festgestellt werden. Seine Ergebnisse können die des Mittelwertvergleichs unterstreichen.

Um den Streuungsvergleich durchführen zu können, errechnet man zuerst den Durchschnittswert der abweichenden Maße. Dieser läßt sich durch die Differenzwerte vom Originalmodell minus den Werten der durch die Abdrücke gewonnenen Modelle errechnen.

Diesen Durchschnittswert der abweichenden Maße ermittelt man - wie schon auf S. 25 angeführt - nach folgender Rechnung:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}, \text{ wobei}$$

$\bar{x}$ = der Durchschnittswert,

x = Maß des Abdruckmodells - Maß des Originalmodells,

n = Anzahl der Modelle.

Nun errechnet man die Differenzwerte aus dem Durchschnittswert - dem jeweiligen Wert des Abdruckmodells ($\bar{x} - x_1, \bar{x} - x_2, \dots, \bar{x} - x_{20}$) und dem Rang-Test entsprechend, wie schon beim Mittelwertvergleich, geordnet. Die weiteren Berechnungen werden wie beim Mittelwertvergleich mit dem **Kruskal - Wallis - Test** durchgeführt (s.S. 38 - 42).

Streuungsvergleich mit dem Kruskal-Wallis-Test

Abformmaterialien: Zelex, Imprex, Silone

Modellmaterial: Duroc

Meßwerte: $\bar{x} - x_1, \dots, \bar{x} - x_{60}$ gemessen an $\frac{3}{3}$

Zelex	R_1	Imprex	R_2	Silone	R_3
		0,00	1,5	0,00	1,5
0,01	10,5	0,01	10,5		
0,01	10,5	0,01	10,5		
0,01	10,5	0,01	10,5		
0,01	10,5	0,01	10,5		
0,01	10,5	0,01	10,5		
0,01	10,5	0,01	10,5		
0,01	10,5	0,01	10,5		
		0,01	10,5		
		0,01	10,5		
0,02	23,5	0,02	23,5	0,02	23,5
0,02	23,5	0,02	23,5	0,02	23,5
0,02	23,5	0,02	23,5	0,02	23,5
		0,02	23,5		
0,03	34,5	0,03	34,5	0,03	34,5
0,03	34,5	0,03	34,5	0,03	34,5
0,03	34,5	0,03	34,5	0,03	34,5
0,03	34,5	0,03	34,5	0,03	34,5
		0,04	42,0	0,04	42,0
				0,04	42,0
0,05	46,5			0,05	46,5
0,05	46,5			0,05	46,5
0,05	46,5			0,05	46,5
0,06	52,0	0,06	52,0	0,06	52,0
0,06	52,0			0,06	52,0
				0,07	55,5
				0,07	55,5
				0,08	57,5
				0,08	57,5
				0,09	59,0
0,11	60,0				
R	585,5		422,0		822,5
R^2	342810,25		178084,0		676506,25
T			<u>13,35</u>		

Streuungsvergleich mit dem Kruskal-Wallis-Test

Abformmaterialien: Zelex, Imprex

Modellmaterial: Duroc

Meßwerte: $\bar{x} - x_1, \dots, \bar{x} - x_{40}$ gemessen an $\frac{3}{3}$

Zelex	R_1	Imprex	R_2
		0,00	1,0
0,01	9,5	0,01	9,5
0,01	9,5	0,01	9,5
0,01	9,5	0,01	9,5
0,01	9,5	0,01	9,5
0,01	9,5	0,01	9,5
0,01	9,5	0,01	9,5
		0,01	9,5
		0,01	9,5
0,02	21,0	0,02	21,0
0,02	21,0	0,02	21,0
0,02	21,0	0,02	21,0
		0,02	21,0
0,03	28,5	0,03	28,5
0,03	28,5	0,03	28,5
0,03	28,5	0,03	28,5
0,03	28,5	0,03	28,5
		0,04	33,0
0,05	35,0		
0,05	35,0		
0,05	35,0		
0,06	38,0	0,06	38,0
0,06	38,0		
0,11	40,0		
R	464,5		355,5
R^2	215760,25		126320,25
T		<u>2,152</u>	

Streuungsvergleich mit dem Kruskal-Wallis-Test

Abformmaterialien: Zelex, Silone

Modellmaterial: Duroc

Meßwerte: $\bar{x} - x_1, \dots, \bar{x} - x_{40}$ gemessen an $\frac{3}{3}$

Zelex	R_1	Silone	R_2
		0,00	1,0
0,01	5,0		
0,01	5,0		
0,01	5,0		
0,01	5,0		
0,01	5,0		
0,01	5,0		
0,01	5,0		
0,02	11,5	0,02	11,5
0,02	11,5	0,02	11,5
0,02	11,5	0,02	11,5
0,03	18,5	0,03	18,5
0,03	18,5	0,03	18,5
0,03	18,5	0,03	18,5
0,03	18,5	0,03	18,5
		0,04	23,5
		0,04	23,5
0,05	27,5	0,05	27,5
0,05	27,5	0,05	27,5
0,05	27,5	0,05	27,5
0,06	32,5	0,06	32,5
0,06	32,5	0,06	32,5
		0,07	35,5
		0,07	35,5
		0,08	37,5
		0,08	37,5
		0,09	39,0
0,11	40,0		
R	331,0		489,0
R^2	109561,0		239121,0
T		<u>4,566</u>	

Streuungsvergleich mit dem Kruskal-Wallis-Test

Abformmaterialien: Imprex, Silone

Modellmaterial: Duroc

Meßwerte: $\bar{x} - x_1, \dots, \bar{x} - x_{40}$ gemessen an $\frac{3}{3}$

Imprex	R_1	Silone	R_2
0,00	1,5	0,00	1,5
0,01	7,0		
0,01	7,0		
0,01	7,0		
0,01	7,0		
0,01	7,0		
0,01	7,0		
0,01	7,0		
0,01	7,0		
0,01	7,0		
0,02	15,0	0,02	15,0
0,02	15,0	0,02	15,0
0,02	15,0	0,02	15,0
0,02	15,0		
0,03	22,5	0,03	22,5
0,03	22,5	0,03	22,5
0,03	22,5	0,03	22,5
0,03	22,5	0,03	22,5
0,04	28,0	0,04	28,0
		0,04	28,0
		0,05	31,0
		0,05	31,0
		0,05	31,0
0,06	34,0	0,06	34,0
		0,06	34,0
		0,07	36,5
		0,07	36,5
		0,08	38,5
		0,08	38,5
		0,09	40,0
R	276,5		543,5
R^2	76452,25		295392,25
T		<u>13,04</u>	

Streuungsvergleich mit dem Kruskal-Wallis-Test

Abformmaterialien: Zelex, Imprex, Silone

Modellmaterial: Duroc

Meßwerte: $\bar{x} - x_1, \dots, \bar{x} - x_{60}$ gemessen an $\overline{6/6}$

Zelex	R_1	Imprex	R_2	Silone	R_3
0,00	3,0	0,00	3,0	0,00	3,0
0,00	3,0	0,00	3,0		
0,01	10,5	0,01	10,5	0,01	10,5
0,01	10,5	0,01	10,5	0,01	10,5
0,01	10,5			0,01	10,5
0,01	10,5				
0,01	10,5				
0,02	21,0	0,02	21,0	0,02	21,0
0,02	21,0	0,02	21,0	0,02	21,0
		0,02	21,0	0,02	21,0
		0,02	21,0	0,02	21,0
				0,02	21,0
0,03	32,5	0,03	32,5	0,03	32,5
0,03	32,5	0,03	32,5	0,03	32,5
0,03	32,5	0,03	32,5	0,03	32,5
		0,03	32,5	0,03	32,5
		0,03	32,5		
0,04	40,0	0,04	40,0		
0,04	40,0				
0,05	45,0	0,05	45,0	0,05	45,0
0,05	45,0	0,05	45,0	0,05	45,0
		0,05	45,0		
0,06	50,5	0,06	50,5		
0,06	50,5				
0,06	50,5				
0,07	54,5	0,07	54,5	0,07	54,5
		0,07	54,5		
				0,09	57,0
				0,11	59,0
				0,11	59,0
				0,11	59,0
R	574,0		608,0		648,0
R^2	329476,0		369664,0		419904,0
T			<u>0,4498</u>		

V. Diskussion der Ergebnisse

Die statistische Auswertung ergab, daß die mit Imprex hergestellten Modelle - bei Verwendung des Modellmaterials Duroc - die größte Originaltreue in horizontaler Richtung besitzen. Dagegen zeigten sowohl der Mittelwertvergleich als auch der Streuungsvergleich, daß die mit Silone abgeformten Modelle horizontal am stärksten vom Original abweichen. Die Genauigkeit der mit Zelex hergestellten Modelle liegt zwischen der von Imprex und der von Silone. Sie nimmt also von den Fabrikaten Imprex über Zelex zu Silone hin ab.

Schon beim Vergleich der Durchschnittswerte der 3 Abformmaterialien.

	$\frac{3}{3} \frac{\sum x}{n}$	$\frac{6}{6} \frac{\sum x}{n}$
Zelex	0,057	0,111
Imprex	0,042	0,067
Silone	0,092	0,074

kristallisiert sich deutlich eine Signifikanz von Imprex gegenüber Silone bei den Werten von $\frac{3}{3}$ heraus. Ebenso signifikant ist der Durchschnittswert von Imprex bei $\frac{6}{6}$ gegenüber dem von Zelex bei $\frac{6}{6}$. Diese Aussage läßt sich dann weiter durch den Mittelwertvergleich und den Streuungsvergleich bestätigen (s.S. 32, 34, 41).

Da man mit 1 %iger Irrtumswahrscheinlichkeit sagen kann, daß sich 3 Gruppen in ihrer Genauigkeit voneinander unterscheiden, wenn $T > 9,210$ ist, so trifft das bei dem Ergebnis des Mittelwertvergleichs mit den Werten der Abformmaterialien bei $\frac{3}{3}$ und bei $\frac{6}{6}$ und bei den Ergebnissen des Streuungsvergleichs bei $\frac{3}{3}$ zu.

Um die Gruppen zu finden, die mit ihren Werten voneinander abweichen, vergleicht man nun jeweils 2 Gruppen miteinander. Unterscheiden sich diese voneinander, so ist mit 1 %iger Irrtumswahrscheinlichkeit der Wert von $T > 6,635$. Vergleicht man mit dem Mittelwertvergleich die horizontalen Abstände von $\frac{3}{3}$ der beiden Versuchsreihen des Alginate Imprex mit Silone, so ist $T > 6,635$. Zum Gleichen Ergebnis kommt man mit dem Mittelwertvergleich bei den Meßwerten von $\frac{6}{6}$ der Materialien Zelex und Imprex. Dies gilt ebenso für den Streuungsvergleich der Abformmaterialien Imprex und Silone mit den Meßwerten von $\frac{3}{3}$.

Zu beachten ist die Gußkontraktion der Chrom-Kobalt - Legierungen, die bei 2,4 Volumen-% liegt, aber neugewonnene Einbettmassen gewährleisten einen ziemlich vollständigen Kontraktionsausgleich, da sie sich in ihrer thermischen Expansion dem jeweiligen Fabrikat der Legierung einstellen lassen, daß absolut formgetreue Güsse resultieren.

Außer der Genauigkeit haben die Alginate Imprex und Zelex dem Silicon " Silone " gegenüber den Vorteil, daß man die normalen Abdruckklöffel be-

nutzen kann und keinen individuellen Abdrucklöffel aus schnellhärtendem Kunststoff herstellen muß, um dann erst den endgültigen Abdruck nehmen zu können. Dies bedeutet zum einen Materialersparnis und zum anderen eine Sitzung weniger mit dem Patienten. Außerdem soll der Alginatabdruck bis spätestens 15 Minuten nach der Abdrucknahme mit Hartgips ausgegossen werden und nicht erst wie bei Silone nach 24 Stunden erfolgen. Außer den eben genannten Gründen erscheinen die Alginatabdrücke durch Einsparen eines Arbeitsganges rationeller. Als nachteilig erweist sich bei den Alginaten die Tatsache, daß sie sich von glatten Flächen leicht lösen. Es müssen also vor dem Eingeben der Abformmasse in den Abdrucklöffel Retentionen geschaffen werden, indem man ihn mit einem Klebeband versieht oder indem man perforierte Abdrucklöffel zur Abdrucknahme verwendet.

VI. Zusammenfassung

In der partiellen Prothetik gewinnen die in einem Stück, einschließlich der Halteelemente und Auflager, gegossenen Teilprothesen immer größere Bedeutung. Ziel der Untersuchungen war es, festzustellen, welche Abformmaterialien für die Herstellung der Einstückgußprothesen zweckmäßig sind.

Einleitend wird über die Geschichte der Chrom-Kobalt - Legierungen berichtet und über die Forderungen, die an sie gestellt werden.

Außerdem wurde die Zusammensetzung und die Verarbeitung der bei der Abformung teilbezahnter Kiefer verwendeten Abformmaterialien besprochen.

Die eigenen Untersuchungen beruhen auf Vorversuchen, deren Vor- und Nachteile dargestellt sind.

Die Laboruntersuchungen zeigen, daß die Meßwerte der Abdruckmodelle in horizontaler Richtung vom Original abweichen, wie es aus den Tabellen ersichtlich ist.

Die statistischen Untersuchungen wurden mit Hilfe des Kruskal - Wallis - Test mit dem Mittelwertvergleich und dem Streuungsvergleich durchgeführt. Sie zeigen, daß die Genauigkeit der Abformmaterialien in Zusammenhang mit dem Hartgips Duroc in horizontaler Richtung von dem Alginat Imprex über Zelex zu Silone abnimmt.

Es ist demnach festzustellen, daß alle mit dem gleichen Hartgips gewonnenen Arbeitsmodelle eine Expansion in horizontaler Richtung aufweisen.

Schrifttum

1 E F F L I N G E R , A.

Volumen-, Gewichts- und Elastizitätsverhalten
zahnärztlicher Abdruckmassen auf Siliconbasis
Dt. zahnärztl. Zschr. 13, 256 - 265 (1958)

2 E L B R E C H T , H. J.

Chrom-Nickelstähle und Kobalt-Chrom-Legie-
rungen. In: Leitfaden der zahnärztl. Werk-
stoffe und ihre Verarbeitung
Herausgegeben von K. EICHNER
Berlin 1960, 210 - 217

3 H Ä U P L , K.

Die Teilprothese
In: Die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
von K. HÄUPL, W. MEYER, K. SCHUCHARDT
Berlin 1956, Bd. IV, 299 - 314

4 H A N E L , G.

Silone
Zahnärztl. Welt 10, 479 (1955)

5 H E N K E L , G.

Vergleichende Untersuchungen an Abdruckma-
terialien. Zit. nach M. MOSSDORF
Dt. zahnärztl. Zschr. 10, 647 (1955)

6 H E N K E L , G

Betrachtungen über Abdruckstoffe für den un-
bezahnten Kiefer. Zit. nach H. VAN THIEL
Dt. zahnärztl. Zschr. 12, 1317 (1957)

7 I L G , V. K.

Vergleichende Untersuchungen zur Feststellung
der Abdruckgenauigkeit von Alginatabdrücken

(Imprex K4)

Dt. zahnärztl. Zschr. 5, 415 (1950)

5, 494 (1950)

8 J A N T Z E N , J.

Zahnärztliche Stahltechnik

In: Die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde

von K. HÄUPL, W. MEYER, K. SCHUCHARDT

Berlin 1956 Bd. IV, 407 - 431

9 K E N N E D Y , E.

Partielle Zahnprothesen und ihre Herstellung

Zit. nach H. MEUSER

Berlin 1932

10 S C H W I N D L I N G , R.

Über die Formveränderung der unmittelbar nach
der Abdrucknahme mit Gips ausgegossenen Ab-
druckmassen und ihre Ursache.

Ein Beitrag zur Prüfmethode elastischer Ab-
druckmassen.

Dt. zahnärztl. Zschr. 6, 1199 (1951)

11 S C H W I N D L I N G , R.

Abdruckmaterialien

In: Leitfaden der zahnärztl. Werkstoffe und
ihre Verarbeitung

Herausgegeben von K. EICHNER

Berlin 1960, 41 -55

An dieser Stelle möchte ich Herrn Priv. Doz.
Dr. L. Hupfauf für die freundliche Überlassung
des Themas und seine wertvollen Anregungen mei-
nen herzlichsten Dank aussprechen.

Gleichzeitig gilt mein Dank Herrn Dr. K. Überla
für seine liebenswürdige Unterstützung bei der
statistischen Auswertung der Untersuchungen.

Lebenslauf

Am 25.12.1939 wurde ich, Roswitha Franz, als 2. Tochter des damaligen Oberarztes Dr. med. Waldemar Franz und seiner Ehefrau Rosel, geborene Mausner, in Stuttgart geboren.

Nach 4-jähriger Grundschule in Stuttgart und Villingen/Schwarzwald, besuchte ich das Realgymnasium in Villingen. Ostern 1957 trat ich in die Unterprima des naturwissenschaftlichen Zweiges der Frauenlob-Schule in Mainz ein und legte dort am 26.2.1959 die Reifeprüfung ab.

Im Mai 1959 immatrikulierte ich mich an der Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz für das Fach Medizin. Im Winter-Semester 1959/60 wurde eine Zweiteinschreibung zum Studium der Zahnmedizin genehmigt.

Am 26.10.1960 habe ich die naturwissenschaftliche Vorprüfung bestanden. Am 1.3.1962 absolvierte ich die ärztliche Vorprüfung und am 13.4.1962 die zahnärztliche Vorprüfung. Die fünf klinischen Semester studierte ich weiterhin an der Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz und erhielt nach am 17.12.1964 bestandenem zahnärztlichen Staatsexamen am 15.1.1965 die Approbation als Zahnarzt.

Im Mai 1965 arbeitete ich als Vertreterin in einer zahnärztlichen Praxis in Stadelken bei Nieder-Olm. Vom 1.6. - 31.12.1965 arbeitete ich als Volontärassistentin an der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Universität Mainz. Seit dem 1.1.1966 habe ich an dieser Klinik die Stelle einer Verwalterin einer Planstelle inne.

